

FR2421493

The system has a principal memory which receives and transmits cyclically data. In at least an auxiliary memory is stored at least a part of the data destined to be stored in the principal memory. The principal and auxiliary memories are alternatively activated.

- Memory activation is blocked as long as the radiation intensity, to which the electronic system is submitted, is greater than a predetermined level. Activation is initiated when the radiation intensity is less than the set level. After reactivation, priority is given to data contained in the memory which was not activated at the moment of blocking.

3
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

2 421 493

(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

A1

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

(21)

N° 78 09208

(54) Procédé et dispositif pour la protection de circuits électroniques comportant une mémoire vive contre des rayonnements nucléaires.

(51) Classification internationale (Int. Cl.²). H 02 H 5/00; B 64 D 45/00; B 64 G 1/30;
H 02 H 7/20; H 05 K 10/00.

(22) Date de dépôt 30 mars 1978, à 11 h 33 mn.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du public de la demande B.O.P.I. — «Listes» n. 43 du 26-10-1979.

(71) Déposant : Société anonyme dite : SOCIÉTÉ NATIONALE INDUSTRIELLE AÉROSPATIALE, résidant en France.

(72) Invention de : Jean-Claude Petitout.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : PROPI Conseils, 23, rue Léningrad, 75008 Paris.

D

Vente des fascicules à l'IMPRIMERIE NATIONALE, 27, rue de la Convention — 75732 PARIS CEDEX 15

La présente invention concerne un procédé et un dispositif pour la protection de circuits électroniques, comportant au moins une mémoire vive, vis-à-vis de rayonnements nucléaires. Elle s'applique tout particulièrement, quoique non exclusivement, à la protection contre les rayonnements nucléaires des systèmes électro-

5 niques utilisés dans les missiles balistiques ou spatiaux et aéronefs, tels que les systèmes de calcul et de commande de trajectoire.

On sait que lorsqu'un dispositif électronique sous tension est

10 soumis à une irradiation nucléaire non susceptible de le détruire, cette irradiation perturbe néanmoins son fonctionnement et, si ce dispositif est une mémoire vive, les informations contenues dans celle-ci subissent des modifications incontrôlées rendant lesdites informations aberrantes et inutilisables. Par suite, lorsque les

15 dispositifs irradiés sont ceux de systèmes de calcul et de commande de trajectoire, il s'ensuit presque à coup sûr la perte du missile, du spatial ou de l'aéronef.

Pour tenter de remédier à cet inconvénient, on a déjà proposé, de "durcir" technologiquement lesdits dispositifs électroniques,

20 par exemple en concevant des circuits insensibles aux niveaux de rayonnements considérés, ou bien encore en les munissant d'un blindage. Toutefois, de telles mesures sont bien souvent insuffisantes et parfois impossibles. De plus, elles peuvent entraîner une augmentation du poids des dispositifs durcis, ce qui est un désavantage pour des

25 dispositifs embarqués.

La présente invention a pour objet un procédé et un dispositif de protection de circuits électroniques contre les rayonnements nucléaires, permettant une sécurité de fonctionnement parfaite, tout en n'entraînant pas d'augmentation de poids desdits circuits.

30 A cette fin, selon l'invention, le procédé de protection contre des rayonnements nucléaires de dispositifs électroniques, notamment des systèmes de calcul de vol et/ou de guidage embarqués à bord d'aéronefs ou de spatiaux, comportant une mémoire vive principale recevant et émettant cycliquement des informations, est

35 remarquable en ce qu'on emmagasine dans au moins une mémoire vive auxiliaire au moins une partie des informations destinées à être emmagasinées dans ladite mémoire principale, en ce que les

activations desdites mémoires principale et auxiliaire sont alternées, en ce qu'on bloque de plus l'activation desdites mémoires aussi longtemps que l'intensité d'une irradiation à laquelle sont soumis lesdits dispositifs électroniques est supérieure à un seuil déterminé à l'avance pour la provoquer de nouveau dès que ladite intensité devient inférieure audit seuil et en ce qu'on donne priorité, lorsque les mémoires sont réactivées après un blocage de leur activation dû à une irradiation, aux informations contenues dans la mémoire qui n'était pas activée au début dudit blocage.

Ainsi, en fonctionnement normal, lesdites mémoires principale et auxiliaire ne sont jamais activées (alimentées électriquement) en même temps. Lorsque l'une d'elles émet ou reçoit des informations, l'autre est au repos et vice-versa. Par suite, si une irradiation nucléaire survient, le contenu de la mémoire alors activée peut éventuellement être perturbé si l'interruption de l'activation de ladite mémoire active n'est pas interrompue suffisamment rapidement, mais le contenu de l'autre mémoire reste intact. Les deux mémoires sont alors mises au repos, si l'intensité de l'irradiation est suffisante, et, dès que cette intensité redevient supportable, le fonctionnement des dispositifs électroniques est repris grâce au moins aux informations intactes contenues dans celle des mémoires qui n'était pas activée au moment de l'irradiation.

Dans une première forme de mise en oeuvre de l'invention, en plus de cette mémoire vive principale, on prévoit au moins une mémoire vive auxiliaire disposée en parallèle sur ladite mémoire principale, des informations sont emmagasinées alternativement dans la mémoire principale et dans la mémoire auxiliaire, et les informations emmagasinées dans lesdites mémoires principale et auxiliaire sont émises à des instants différents.

Une forme de mise en oeuvre préférée de l'invention est remarquable en ce que l'on prévoit au moins deux mémoires vives auxiliaires

disposées en parallèle sur ladite mémoire principale, en ce que des informations sont, pendant un cycle, emmagasinées dans la mémoire principale et dans l'une desdites mémoires auxiliaires, puis, pendant le cycle suivant, dans la mémoire principale et dans l'autre desdites mémoires auxiliaires et en ce que lorsque la mémoire principale et l'une des mémoires auxiliaires sont actives, l'autre mémoire auxiliaire est inactive et vice-versa.

Dans cette forme de mise en oeuvre, il est avantageux, lorsque les mémoires sont réactivées après un blocage de leur activation, dû à une irradiation, que la mémoire principale soit remise à zéro et que le contenu de la mémoire auxiliaire qui n'était pas activée au début dudit blocage soit transféré dans ladite mémoire principale, l'autre mémoire auxiliaire étant également remise à zéro.

Pour diminuer encore la sensibilité des dispositifs électroniques aux irradiations nucléaires, on prévoit que l'activation de la ou des mémoires auxiliaires n'est effectuée que pendant la réception et l'émission d'informations, ainsi que pour les remises à zéro.

Ainsi, on réduit au maximum les périodes de temps pendant lesquelles les mémoires auxiliaires sont actives, c'est-à-dire les périodes pendant lesquelles leur contenu est susceptible de subir l'action d'une irradiation nucléaire.

De préférence, la durée des phases de réception et d'émission d'informations, par les mémoires est une fraction, voisine du dixième, d'un cycle de fonctionnement desdits dispositifs électroniques.

Ainsi, grâce à l'invention, il n'est pas nécessaire de durcir technologiquement la mémoire principale ; de plus, le procédé

permet d'éviter le durcissement technologique général des éléments des dispositifs à protéger et, par suite, d'obtenir une masse plus faible pour ceux-ci.

Avantageusement, selon l'invention, on prévoit que les éléments
5 des dispositifs non durcis technologiquement sont rendus inactifs pendant les périodes d'irradiation nucléaire dont l'intensité est supérieure audit seuil.

On voit donc que la présente invention concerne un processus d'une mise en configuration tolérante à une perturbation identifiée
10 (agression nucléaire), à l'aide de l'adjonction d'un nombre limité et déterminé de fonctions supplémentaires qui ne sont actives que lors d'une perturbation d'un niveau déterminé. Ce genre de perturbation peut être créé par l'action conjuguée des divers rayonnements nucléaires (n,X, γ) associés au rayonnement
15 électromagnétique.

La technique de sauvegarde selon l'invention, permettant de rendre un système tolérant à une agression nucléaire, fait appel à l'observation suivante :

- lorsqu'un système élabore des ordres à une récurrence relative-
20 ment lente, il est possible de le rendre tolérant à une perturbation identifiée en qualité et temporellement, si la technologie de conception des circuits dudit système permet à ceux-ci de survivre, c'est-à-dire de retrouver leurs spécifications fonctionnelles et ce dans un temps inférieur à la durée
25 d'élaboration d'un ordre.

Pour ce faire, il y a lieu d'ajouter audit système un certain nombre de fonctions spécifiques qui ne sont utilisées que lors d'une perturbation (agression) et qui ont pour but :

- d'initier des procédures favorisant la survie des circuits ;
- 30 - de déclencher des inhibitions au niveau des générateurs d'ordres
- de réaliser la temporisation de l'état du système, et ensuite la reconfiguration de cet état ou d'un état très proche en fournissant audit système des informations nécessaires à la

poursuite de sa mission et donc de celle de l'engin qu'il commande (aéronef ou spatonef).

Ces fonctions impliquent l'existence d'une fonction de détection de perturbation, c'est-à-dire dans une mise en application du procédé selon l'invention, l'existence d'un ou plusieurs détecteurs de l'agression, dont le seuil principal doit être choisi un peu inférieur au seuil de vulnérabilité du système.

La mission du détecteur d'irradiation nucléaire est donc de fournir au système une information temporelle lorsque le rayonnement agressif reçu dépasse un seuil d'intensité au-delà duquel le système est vulnérable, c'est-à-dire perturbable dans son fonctionnement.

La prise en compte de cette information permet l'élaboration, par des circuits spécifiques durcis, de séquences de sauvegarde des fonctions sensibles. Ce processus, avec les fonctions supplémentaires qu'il implique, permet de conférer au système complet un niveau de durcissement fonctionnel nettement supérieur à celui des circuits les plus sensibles aux perturbations.

Aussi, un dispositif mettant en oeuvre le procédé selon l'invention comporte, en plus de la mémoire vive principale, au moins une mémoire vive auxiliaire, un séquenceur d'alimentation pour alimenter alternativement lesdites mémoires, un séquenceur d'utilisation pour commander le fonctionnement desdites mémoires et dudit séquenceur d'alimentation et un détecteur d'irradiation pour commander l'alimentation desdites mémoires, ainsi que celle des éléments du dispositif non technologiquement durcis.

La figure unique du dessin annexé fera bien comprendre comment l'invention peut être réalisée.

Sur cette figure, on a représenté schématiquement à titre d'exemple non limitatif un système de calcul et de commande de vol d'un aéronef ou d'un spatonef.

Le dispositif selon l'invention, montré par la figure 1, comporte un calculateur de vol 1 recevant une alimentation A, des informations provenant d'une mémoire morte 4 contenant le programme

général de vol et les signaux d'une horloge 6. Ledit calculateur 1 est en outre relié au conducteur 2 d'une ligne bus 2,3, à un registre d'adresses 5 à coïncidence, à une mémoire vive principale 12, à une première mémoire vive annexe 13, par exemple par l'inter-
5 médiaire de la mémoire 12 et à une seconde mémoire annexe 14, par exemple par l'intermédiaire des mémoires 12 et 13. Le registre d'adresses 5 reçoit une alimentation A et sa sortie est reliée en parallèle au conducteur 3 de la ligne bus 2,3, et respectivement aux mémoires 12, 13 et 14. Il reçoit également les signaux de
10 l'horloge 6. Ladite horloge est technologiquement durcie et alimentée en permanence même lors d'une irradiation, par un dispositif d'alimentation 9.

Un séquenceur d'utilisation 11 desdites mémoires 12, 13 et 14 est relié à celles-ci et reçoit les signaux de l'horloge 6, ainsi que
15 des signaux RAZ de remise à zéro. Il est également relié à un séquenceur d'alimentation 10 desdites mémoires, qu'il commande. Il reçoit une alimentation A.

Le séquenceur d'alimentation 10 est relié respectivement auxdites mémoires 12, 13 et 14 et au dispositif d'alimentation 9. Il est
20 technologiquement durci et alimenté en permanence, comme l'horloge 6, par le dispositif 9.

Un rupteur 8 est relié au dispositif d'alimentation 9 et délivre l'alimentation A au calculateur 1, au registre 5 et au séquenceur d'utilisation 11 lorsqu'il n'est pas activé par un détecteur 7
25 de déclenchement de processus de sauvegarde, auquel il est relié. Le détecteur 7 active le rupteur 8 lorsqu'une irradiation nucléaire détectée dépasse un seuil déterminé et le désactive dès que ladite irradiation retombe en dessous dudit seuil.

Ainsi, l'alimentation A des éléments 1, 5 et 11 non durcis technologiquement peut être coupée lors d'une irradiation importante.
30 Les mémoires 12, 13 et 14 ne sont plus alimentées non plus par l'intermédiaire du séquenceur 10, puisque celui-ci est commandé par le séquenceur d'utilisation 11, qui ne reçoit alors plus l'alimentation A. Les mémoires 12, 13 et 14 sont, par exemple, des
35 mémoires à tores magnétiques.

De façon connue, un calculateur tel que le calculateur 1 envoie des ordres aux gouvernes de l'aéronef ou du spatonef en fonction de la position de celles-ci et de la position donnée par une centrale à inertie (non représentée) et du programme de la mission, indiqué par la mémoire morte 4. L'altitude de l'engin commandé par ledit calculateur, son attitude, sa vitesse, son accélération, sont également prises en compte pour calculer la position optimale des gouvernes. Pour ce faire, tous ces paramètres sont mis en mémoire à chaque cycle de guidage (période entre deux corrections des gouvernes, récurrence d'élaboration des ordres). Il en est de même de la position des gouvernes, de façon à pouvoir les comparer à leurs valeurs précédentes et élaborer de nouveaux ordres de correction. La référence absolue du temps écoulé de la mission doit également être prise en compte par le calculateur.

C'est ainsi que le calculateur 1 communique avec la mémoire morte inaltérable 4, qui contient le programme général de vol. Il communique également avec les instruments de mesures et les gouvernes (non représentés) à l'aide de la ligne bus 2,3. Il reçoit les mesures par le conducteur 2 et envoie ses ordres et ses interrogations par le conducteur 3, par l'intermédiaire du registre d'adresses à coïncidence 5, qui dirige également les paramètres principaux sur les mémoires 12, 13 et 14.

Selon l'invention, la mise en mémoire des paramètres principaux est effectuée pendant une fraction (par exemple un dixième) de la durée de chaque cycle de guidage, et ce dans la mémoire principale 12 et également dans l'une des deux mémoires annexes 13 ou 14, mais respectivement et alternativement dans l'une ou l'autre, un cycle sur deux.

Selon l'invention également, lesdites mémoires ne sont rendues opératives, c'est-à-dire alimentées, que pendant leurs périodes d'utilisation (charge, transfert au calculateur et remise à zéro).

Ces opérations sont réalisées à l'aide du séquenceur d'utilisation 11 et du séquenceur d'alimentation 10.

Lors d'une irradiation nucléaire activant le détecteur 7,

- l'alimentation des trois mémoires est coupée. En effet, lorsque le détecteur 7 détecte une irradiation supérieure au seuil auquel il est réglé, il active le rupteur 8 qui coupe l'alimentation A du calculateur 1, du registre 5 et du séquenceur d'utilisation 11.
- 5 Il rétablit cette alimentation dès que l'irradiation est terminée. La coupure de l'alimentation du séquenceur 11 entraîne celle des trois mémoires 12, 13 et 14 par l'intermédiaire des séquenceurs 11 et 10. Il en est de même pour le rétablissement de l'alimentation. Les autres éléments restent alimentés constamment.
- 10 En fonctionnement normal (en dehors des périodes d'irradiation), il se trouve donc toujours une des mémoires annexes non alimentée, ce qui la préserve de toute détérioration et de toute altération des paramètres qu'elle contient, s'il survient une forte irradiation.
- 15 Les opérations de chargement et de transfert et les séquences d'alimentation sont effectuées par les séquenceurs 10 et 11.

- Après une irradiation, le contenu de la mémoire annexe 13 ou 14 qui n'était pas alimentée au moment de cette irradiation, est transféré dans la mémoire principale 12 et ensuite, de cette
- 20 mémoire 12 au calculateur 1, après une remise à zéro de ladite mémoire principale 12.

- Ce processus permet d'éviter d'effectuer un durcissement technologique général, qui est par ailleurs quasi-impossible. Seuls le séquenceur d'alimentation et l'horloge doivent être
- 25 durcis technologiquement. Ceci permet un gain de masse et l'utilisation de circuits classiques, en dehors des éléments 6 et 10.

R E V E N D I C A T I O N S

- 1.- Procédé de protection contre des rayonnements nucléaires de dispositifs électroniques, notamment des systèmes de calcul de vol et/ou de guidage embarqués à bord d'aéronefs ou de spatonefs, comportant une mémoire vive principale recevant et émettant cycliquement des informations, caractérisé en ce qu'on emmagasine dans au moins une mémoire vive auxiliaire au moins une partie des informations destinées à être emmagasinées dans ladite mémoire principale, en ce que les activations desdites mémoires principale et auxiliaire sont alternées, en ce qu'on bloque de plus l'activation desdites mémoires aussi longtemps que l'intensité d'une irradiation à laquelle sont soumis lesdits dispositifs électroniques est supérieure à un seuil déterminé à l'avance pour la provoquer de nouveau dès que ladite intensité devient inférieure audit seuil et en ce qu'on donne priorité, lorsque les mémoires sont réactivées après un blocage de leur activation dû à une irradiation, aux informations contenues dans la mémoire qui n'était pas activée au moment où ce blocage est intervenu.
- 2.- Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, en plus de cette mémoire active dite principale, on prévoit au moins une mémoire vive auxiliaire disposée en parallèle sur ladite mémoire principale, en ce que des informations sont emmagasinées alternativement dans la mémoire principale et dans la mémoire auxiliaire, et en ce que les informations emmagasinées dans lesdites mémoires principale et auxiliaire sont émises à des instants différents.
- 3.- Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, on prévoit au moins deux mémoires vives auxiliaires disposées en parallèle sur ladite mémoire principale, en ce que des informations sont, pendant un cycle, emmagasinées dans la mémoire principale et dans l'une desdites mémoires auxiliaires, puis, pendant le cycle suivant, dans la mémoire principale et dans l'autre desdites mémoires auxiliaires, et en ce que lorsque la mémoire principale et l'une des mémoires auxiliaires sont actives, l'autre mémoire

auxiliaire est inactive et vice-versa.

- 4.- Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que, lorsque les mémoires sont réactivées après un blocage de leur activation dû à une irradiation, la mémoire principale est remise à zéro et en ce que le contenu de la mémoire auxiliaire qui n'était pas activée au début dudit blocage est transféré dans ladite mémoire principale, l'autre mémoire auxiliaire étant également remise à zéro.
- 5.- Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'activation de la mémoire principale et celle de la ou des mémoires auxiliaires ne sont effectuées que pendant la réception et l'émission d'informations, ainsi que pour les remises à zéro.
- 6.- Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la durée des phases de réception et d'émission d'informations par les mémoires est une fraction d'un cycle de fonctionnement desdits dispositifs électroniques.
- 7.- Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que ladite fraction est voisine du dixième.
- 8.- Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, mis en oeuvre pour des dispositifs dont certains éléments ne sont pas durcis technologiquement, caractérisé en ce que lesdits éléments non technologiquement durcis sont rendus inactifs pendant les périodes d'irradiation nucléaire dont l'intensité est supérieure audit seuil.
- 9.- Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé spécifié sous l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte, en plus de la mémoire vive principale, au moins une mémoire vive auxiliaire, un séquenceur d'alimentation pour alimenter alternativement lesdites mémoires, un séquenceur d'utilisation pour commander le fonctionnement desdites mémoires et dudit séquenceur d'alimentation et un détecteur d'irradiation pour commander l'alimentation desdites mémoires, ainsi que celle des éléments du dispositif non technologiquement durcis.

